



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Implementación del sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición SAE eléctrico de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.”

Ojeda Caicedo, Marco André Y Herrera Quespaz, Andy Sebastián

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de tecnólogo superior en mecánica automotriz

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

19 de Agosto del 2022

Latacunga



MONOGRAFIA_OJEDA_HERRERA.pdf

Scanned on: 1:0 August 19, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	193
Words with Minor Changes	90
Paraphrased Words	166
Omitted Words	0

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Arias Pérez, Ángel Xavier".

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.: 050345481-1



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Certificación

Certifico que la monografía, "**Implementación del sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición SAE eléctrico de la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la universidad de las fuerzas armadas ESPE**" ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe", por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar al señores **Herrera Quespaz, Andy Sebastián** y **Ojeda Caicedo, Marco André** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, agosto del 2022

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.: 050345481-1



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Herrera Quespaz, Andy Sebastián** y **Ojeda Caicedo, Marco André** con cédulas de identidad N° 172530026-1 y N° 180503732-0 ; declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía **“Implementación del sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición SAE eléctrico de la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la universidad de las fuerzas armadas ESPE”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, agosto del 2022

Herrera Quespaz Andy Sebastian

C.C.: 172530026-1

Ojeda Caicedo Marco André

C.C.: 180503732-0



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Autorización de publicación

Nosotros, **Herrera Quespaz, Andy Sebastián** y **Ojeda Caicedo, Marco André** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **"Implementación del sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición SAE eléctrico de la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la universidad de las fuerzas armadas ESPE"**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, agosto del 2022

Herrera Quespaz Andy Sebastian

C.C.: 172530026-1

Ojeda Caicedo Marco André

C.C.: 180503732-0

Dedicatoria

La presente monografía va dedicada a mis padres Marco Ojeda y Luz Caicedo por el esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional en todo momento pilares fundamentales y principalmente motivacionales para cada día ser mejor en el camino de llegar a ser un profesional.

A mis hermanos Irene y Paul que han sido ejemplos de inspiración para poder seguir superándome día a día. Por el amor de hermanos y por el amor de una familia.

Ojeda Caicedo, Marco André

Agradecimiento

Agradezco primeramente a dios por darme salud y fuerzas e inteligencia para poder llegar a mi objetivo. Ya que con su bendición me ayudo a seguir escalando, superando obstáculos muy difíciles de la vida ya que me ayudo a tener a mis padres aún con vida para que pudieran verme alcanzar mi objetivo soñado por toda mi carrera como estudiante.

A toda mi familia que me supieron apoyar de todas las formas posibles en este proceso de formación profesional.

A mis profesores y compañeros los cuales me enseñaron a seguir adelante a pesar de todas las caídas que tuve a lo largo de mi carrera.

Ojeda Caicedo, Marco André

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de titulación a mi padre Miguel Herrera, a mi madre Lilian Quespaz y a mi hermano Jason Herrera porque fomentaron en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida, lo que ha contribuido a la consecución de este logro que hace mucho era solo un sueño y hoy es una realidad, espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo además del invaluable amor que siempre me han brindado ya que forjan en mí, virtudes que nunca dejare para seguir adelante en la vida

Herrera Quespaz, Andy Sebastián

Agradecimiento

Agradezco a dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quiénes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo y a luchar por cumplir mis sueños.

A mi tutor Mgtr. Xavier Arias ya que, sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado, sus consejos que influyeron en mi para lograr escribir todo lo que hoy he logrado, muchas gracias por sus múltiples palabras de apoyo cuando más las necesite y por sus orientaciones.

A todos mis docentes ya que a lo largo de la carrera me brindaron palabras sabias y transmitieron su saber, les debo mis conocimientos, donde quiera que vaya los llevare conmigo en mi transitar profesional, gracias por su paciencia, dedicación y tolerancia.

Y a mis compañeros ya que a pesar de que se culmine este pasó para nuestra vida profesional nunca olvidare todas las tardes de estudio además de las aventuras que vivimos a lo largo de la carrera, gracias por compartir sus conocimientos en los momentos de trabajo además de su valioso tiempo dentro y fuera de las aulas.

Herrera Quespaz, Andy Sebastián

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
índice de figuras	14
índice de tablas	17
Resumen.....	18
Abstract	19
Capítulo I: Anteproyecto.....	20
Planteamiento del problema.....	20
Antecedentes	20
Planteamiento del problema.....	21
Justificación e importancia.	22
Objetivos	23
<i>General</i>	23
<i>Específicos</i>	23
Alcance	23

Capitulo II: Marco Teórico	24
Introducción	24
Origen formula SAE	24
Sistema de frenos de un formula SAE eléctrico.	24
Fundamentos teóricos.....	25
<i>Sistema de frenos</i>	<i>25</i>
Ley de pascal	25
Tipos de freno	26
<i>Frenos de tambor.....</i>	<i>26</i>
Elementos de freno de tambor.....	27
<i>Tambores de freno.....</i>	<i>27</i>
<i>Zapatas</i>	<i>28</i>
<i>Cilindro de Rueda</i>	<i>29</i>
Ventajas y desventajas de frenos de tambor	29
<i>Frenos de disco</i>	<i>30</i>
Elementos de sistema de frenos a disco.....	31
<i>Deposito del líquido de freno.....</i>	<i>31</i>
<i>Cañerías.....</i>	<i>31</i>
<i>Pinza de freno</i>	<i>32</i>
<i>Pastilla de freno</i>	<i>33</i>
<i>Composición.</i>	<i>34</i>
<i>Características.</i>	<i>35</i>
<i>Líquido de freno.....</i>	<i>35</i>
Cables de freno de estacionamiento.	36
Bomba maestra de frenos.	37
<i>Funcionamiento del cilindro maestro.....</i>	<i>37</i>
Tipos de cilindros maestros.....	38

<i>Cilindro maestro de Doble División</i>	38
<i>Cilindro Maestro de División Diagonal</i>	38
<i>Cilindros Maestros de Compensación Rápida</i>	39
Discos de freno	40
<i>Comportamiento mecánico</i>	40
<i>Comportamiento térmico</i>	41
Ventajas y desventajas de freno de disco.....	42
Mecanismos de frenada.....	43
<i>Fuerzas de frenado</i>	43
<i>Resistencia a la rodadura</i>	43
<i>Fricción</i>	44
<i>Reparto óptimo de fuerzas de frenado</i>	44
Tipos de líquido de frenos.....	45
Tipos de construcción de sistema de frenos hidráulicos.	47
<i>Disposición diagonal</i>	47
<i>Disposición paralela</i>	48
Cañería hidráulica de freno.	49
Sistema de frenos de estacionamiento.	49
Capitulo III: Desarrollo e implementación	50
Selección del tipo de frenos	50
Alternativas de frenos	50
Criterios de valoraciones	51
Implementación del sistema de frenos en el auto eléctrico	52
Obtención de los componentes	53
Instalación del sistema de frenos delantero.	57
Instalación del conjunto tracción-frenos	62
Sujeción de la bomba.	62

Implementación del pedal de freno.....	64
Sujeción de las mangueras de transporte de líquido de frenos.	65
Sujeción de las mangueras de transporte de líquido de frenos.	66
Creación de “T” de distribución de líquido.....	67
Inspección general de la instalación de componentes.	70
Colocación del líquido de frenos, sangrado y revisión.....	71
Verificación de fugas en las cañerías hidráulicas.	73
Pruebas preliminares.....	74
Capitulo IV: Pruebas	75
Pruebas de funcionamiento	75
Prueba de desaceleración	76
Pasos para iniciar el torque	77
Análisis	82
Análisis final.....	88
Capítulo V: Conclusiones Recomendación.....	89
Conclusiones	89
Recomendaciones	90
Referencias bibliográficas.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ley de Pascal.</i>	26
Figura 2 <i>Elementos freno de tambor.</i>	27
Figura 3 <i>Tambor de freno</i>	28
Figura 4 <i>Zapatillas de tambor.</i>	28
Figura 5 <i>Cilindro de rueda</i>	29
Figura 6 <i>Freno de disco.</i>	30
Figura 7 <i>Depósito de líquido de freno.</i>	31
Figura 8 <i>Cañerías de líquido de frenos.</i>	32
Figura 9 <i>Pinza de frenado.</i>	33
Figura 10 <i>Pastillas de freno.</i>	33
Figura 11 <i>Composiciones pastilla de freno.</i>	35
Figura 12 <i>Líquido de frenos vistony DOT 3.</i>	36
Figura 13 <i>Cable de freno de estacionamiento.</i>	36
Figura 14 <i>Bomba maestra de frenos.</i>	37
Figura 15 <i>Cilindro Maestro doble división.</i>	38
Figura 16 <i>Cilindro Maestro de división diagonal.</i>	39
Figura 17 <i>Cilindro maestro de compensación rápida</i>	39
Figura 18 <i>Disco de freno.</i>	40
Figura 19 <i>Temperatura de frenado con respecto al tiempo.</i>	41
Figura 20 <i>Coeficiente de fricción según el tipo de carretera.</i>	44
Figura 21 <i>Puntos de ebullición de los diferentes líquidos de freno.</i>	45
Figura 22 <i>Disposición diagonal</i>	48
Figura 23 <i>Disposición paralela.</i>	48
Figura 24 <i>Disposición de frenos de estacionamiento.</i>	49
Figura 25 <i>Mangueta Mini Austin</i>	51

Figura 26	<i>Mordaza</i>	53
Figura 27	<i>Pastillas de freno</i>	53
Figura 28	<i>Disco de freno</i>	54
Figura 29	<i>Cañerías</i>	54
Figura 30	<i>Líquido de frenos</i>	55
Figura 31	<i>Bomba de freno</i>	55
Figura 32	<i>Pedal de freno</i>	56
Figura 33	<i>Medida del borde de la manzana</i>	57
Figura 34	<i>Medida de la base de la manzana</i>	58
Figura 35	<i>Rectificado de base de disco de freno</i>	58
Figura 36	<i>Mangueta</i>	59
Figura 37	<i>Sistema de disco de freno</i>	59
Figura 38	<i>Disco de freno acoplado a la mangueta</i>	60
Figura 39	<i>Disco de freno acoplado a la mangueta y a la manzana</i>	61
Figura 40	<i>Montaje del disco en el chasis del vehículo</i>	61
Figura 41	<i>Discos de frenos posteriores</i>	62
Figura 42	<i>Sujeción de la bomba</i>	63
Figura 43	<i>Bomba de freno</i>	63
Figura 44	<i>Tapones de bomba de freno</i>	64
Figura 45	<i>Conjunto pedal y bomba de freno</i>	64
Figura 46	<i>Distancia del pedal de freno</i>	65
Figura 47	<i>Cañerías de frenos</i>	66
Figura 48	<i>Racor de la bomba de freno</i>	67
Figura 49	<i>Limado de "T"</i>	68
Figura 50	<i>Instalación de "T"</i>	68
Figura 51	<i>Formación de cañería</i>	69
Figura 52	<i>Conexiones de las cañerías a la bomba</i>	69

Figura 53	<i>Verificación de ajuste de pernos de freno izquierdo y derecho.....</i>	70
Figura 54	<i>Conexiones de cañerías.</i>	71
Figura 55	<i>Sangrado de líquido de freno.....</i>	72
Figura 56	<i>Finalización de purgado.....</i>	73
Figura 57	<i>Corrección de fugas.....</i>	73
Figura 58	<i>Prototipo aplicado el sistema de frenos.....</i>	74
Figura 59	<i>Ruta de prueba.....</i>	75
Figura 60	<i>Aplicación Torque pro.....</i>	76
Figura 61	<i>Panel “Torque Pro”</i>	77
Figura 62	<i>Panéles.....</i>	78
Figura 63	<i>Inicio de registro.....</i>	78
Figura 64	<i>Obtención de datos.....</i>	79
Figura 65	<i>Análisis 1 Velocidad-Tiempo.....</i>	84
Figura 66	<i>Análisis 2 Velocidad-Tiempo.....</i>	85
Figura 67	<i>Análisis 3 Velocidad-Tiempo.....</i>	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Ventajas y desventajas de frenos de tambor</i>	29
Tabla 2	<i>Ventajas y desventajas de frenos de disco perforados</i>	42
Tabla 3	<i>Ventajas y Desventajas DOT 3</i>	46
Tabla 4	<i>Ventajas y Desventajas DOT 4</i>	46
Tabla 5	<i>Ventajas y Desventajas DOT 5</i>	47
Tabla 6	<i>Datos Ordenados</i>	80
Tabla 7	<i>Análisis 1</i>	83
Tabla 8	<i>Análisis 2</i>	84
Tabla 9	<i>Análisis 3</i>	86

Resumen

En este proyecto de titulación se expone como objetivo la implementación de un sistema de frenos en un vehículo de competición formula SAE eléctrico. De tal manera que se puedan aplicar los conocimientos adquiridos que se obtuvieron a lo largo de la carrera además garantizar el óptimo funcionamiento, también cuidar la integridad del vehículo y la seguridad en el momento de pilotar el SAE eléctrico y que de igual forma sirva como respaldo para futuros proyectos. Para la elección de los tipos de discos perforados se analizaron varias propuestas escogiendo el más factible y eficiente para el vehículo de competición formula SAE, teniendo en cuenta que este debe ser de un peso ligero ya que el vehículo necesita ser lo más voluble para que alcance una mayor velocidad y aprovechar la potencia del motor. Se realizaron diferentes pruebas, entre ellas la obtención de datos mediante la aplicación "Torque Pro" la cual se encarga de utilizar los propios sensores del celular y mediante estos analizar las maniobras que realiza el piloto durante el trayecto de prueba, además se vio el funcionamiento en donde el sistema de frenos respondió de manera adecuada a varios sometidos de frenado como son rompe velocidades, curvas, etc.

Palabras clave: Implementación, óptimo, pilotar, factible, maniobras de piloto.

Abstract

The objective of this degree project is the implementation of a braking system in an electric SAE formula competition vehicle. In such a way that the acquired knowledge obtained throughout the career can be applied in addition to ensure optimal performance, also take care of the integrity of the vehicle and safety at the time of driving the electric SAE and also serve as a backup for future projects. For the choice of the types of perforated discs, several proposals were analyzed, choosing the most feasible and efficient for the SAE formula competition vehicle, taking into account that this must be of a light weight since the vehicle needs to be as fickle as possible to reach a higher speed and take advantage of the power of the engine. Different tests were performed, including obtaining data through the application "Torque Pro" which is responsible for using the cell phone sensors themselves and through these analyze the maneuvers performed by the pilot during the test route, also saw the operation where the braking system responded adequately to various braking subjected as are speed breakers, curves, etc.

Keywords: Implementation, optimal, pilot, feasible, maneuvers of pilot.

Capítulo I

Anteproyecto

Planteamiento del problema

“Implementación del sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.

Antecedentes

El diseño y construcción del sistema de frenos fue patentado en 1902 por William Lanchester.

Incluso antes de los vehículos ya existía la necesidad de frenar utilizando así el frenado por palancas de madera que eran implementados en carruajes, desde aquel tiempo se han ejecutado diversas innovaciones en el mismo, permitiendo que estos sean más eficaces.

Según (CARPIO, 2018) cuyo tema es “diseño y construcción del sistema de frenos de un vehículo de competencia formula SAE eléctrico”, “El sistema de frenos es fundamental en el correcto funcionamiento del monoplaza eléctrico. Este sistema le permite realizar maniobras al piloto, tanto en trayectos rectos y curvas con el control de velocidad.”

Es importante la eficiencia de los motores eléctricos ya que sirven como un sustituto de los motores de combustión interna así lo menciona (Telechana, 2018) Cuyo tema es “implementación del sistema de frenos para el prototipo de auto eléctrico biplaza uta-cim17” llegando a concluir que los vehículos de combustión interna generan más contaminación que los vehículos eléctricos, por tal motivo que hoy en día los vehículos de competición se realizan con motores eléctricos.

Es importante el diseño y cálculos del sistema de frenado así lo menciona (Ocaña, 2012) cuyo tema es "Diseño y cálculo del sistema de frenado para un prototipo formula student. Llegando a concluir que este proyecto se centra en cálculos y diseño del sistema de frenado de un vehículo formula SAE.

Según lo fundamentado por estos indagadores es muy necesario que los discos de freno sean de un material resistente a la fricción ya que estos provocan desaceleración en el vehículo ya que en este elemento se produce la transformación de energía cinética a energía calorífica.

Por lo dicho es de suma importancia que la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz cuente con la implementación de un sistema de frenos en un vehículo SAE eléctrico.

Planteamiento del problema

En 1965 Porsche desarrollo un vehículo de carreras el cual tenía un motor con ocho cilindros y con discos delanteros con perforaciones esto se realizó precisamente para lograr una eficacia en el frenado ya que estos superaban los 500grados esos tenían canales de estructura radial que venían desde el extremo hasta el centro manteniendo así las temperaturas de las discos bajas.

Debido al alto número de incidentes desarrollados por problemas en el sistema de frenos en los vehículos automotrices se pretende implementar un sistema más eficiente y seguro en un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico.

Estos accidentes son producidos por la baja calidad de los materiales sea en discos o en pastillas de frenos ya que estos no soportan las temperaturas elevadas o a su vez estos tienden a que el pedal de freno sea más difícil de accionar debido a su cristalización.

Según estudios se manifiesta que el 30 por ciento de discos sufren vibraciones a velocidades elevadas por su mala calidad.

De no solucionarse lo mencionado anteriormente existirían más accidentes de vehículos de competencia y seguirían existiendo más víctimas en competiciones amateur.

Por lo mencionado es necesario indagar sobre los tipos de materiales que se utilizaran en la implementación de sistema de frenos en un vehículo SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas armadas ESPE.

Justificación e importancia.

En el presente trabajo se realizará la implementación de frenos en un vehículo de competición formula SAE eléctrico. Esto se realiza para tener un frenado más eficiente y que sea hiperventilado.

La implementación de frenos al vehículo de competición tiene como función optimizar el rendimiento de vehículo de competición ya que tienden a ser más sutiles optimizando peso y así optimizando energía del vehículo.

La fabricación de este proyecto es de vital importancia para quienes sean los pilotos de competición de vehículos eléctricos ya que estos tendrán un sistema de frenos más eficiente y seguro permitiendo así fundamentar los conocimientos sobre tipos de materiales y temperaturas que pueden llegar a alcanzar los materiales en fricciones elevadas.

La importancia de la implementación de sistema de frenos es brindar más información para la creación de sistemas de frenos más seguros en prototipos de vehículo de competición formula SAE eléctrico.

Objetivos

General

Implementar un sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Específicos

Investigar sobre los tipos de sistemas de frenos disponibles en el mercado que se puedan emplear en el prototipo vehículo de competición formula SAE eléctrico de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Seleccionar e implementar los componentes de sistema de frenos para el prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Realizar las pruebas de funcionamiento para comprobar el correcto desempeño del sistema de frenos vehículo de competición formula SAE eléctrico de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Alcance

El desarrollo del proyecto termina con la construcción del prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico y el correcto funcionamiento de todos los sistemas automotrices para lo cual al finalizar el proyecto todos los temas que conforman el mismo deberán verificar que funcionen en armonía.

Capítulo II

Marco Teórico

Introducción

En este capítulo se demostrará el origen y los fundamentos enfocados en el desarrollo del sistema de frenos y el trabajo que realiza en el vehículo. Primero se describirá el propósito de las competencias formula SAE. Después se analizará los tipos de sistema de frenos que podemos tener presentes en una acción de frenado. También se revisará el reglamento que debe cumplir el sistema de frenos. Luego se presentará la función de cada uno de elementos y partes más importantes.

Origen formula SAE

Es una competencia que se realiza para los amantes de las carreras en vehículos eléctricos de competición el cual está organizada por SAE International que esta anteriormente llevaba el nombre de Society of automotive Engineers, SAE. Esta competencia fue iniciada en 1980 por la universidad de Austin Texas.

Sistema de frenos de un formula SAE eléctrico.

El principio de un sistema de frenos es la reducción de la energía cinética y potencial que el vehículo presenta cuando está en movimiento dicha energía se transforma en energía calorífica ya que las pastillas de freno están en contacto con los discos de freno. (CARPIO, 2018).

Fundamentos teóricos

Sistema de frenos

El sistema de frenos es el encargado de reducir la velocidad del vehículo, absorbiendo la energía que produce el vehículo deteniendo el giro de las ruedas. Es considerado como un sistema imprescindible en el vehículo ya que su correcto funcionamiento depende de la seguridad de los ocupantes del vehículo.

El sistema de frenos fundamenta su funcionamiento en un principio básico de la física.

- Ley de pascal

Ley de pascal

La ley de pascal explica que al aplicar presión en un fluido que se encuentra almacenado en un recipiente no disminuye y su presión es igual en todas sus direcciones.

(Telechana, 2018)

Dicha ley se expresa matemáticamente de la siguiente forma.

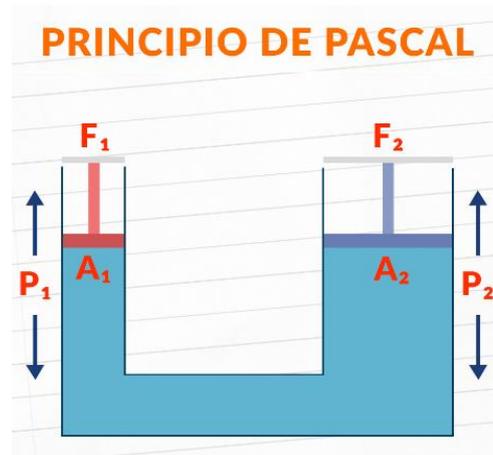
$$f = P \times A$$

En donde:

F: fuerza (lb) o (N)

P: presión (lb/pul²) ó (kg/cm²)

A: área (pulg²) ó (cm²)

Figura 1*Ley de Pascal.*

Nota. Tomado de (Unitips, s.f.)

Tipos de freno

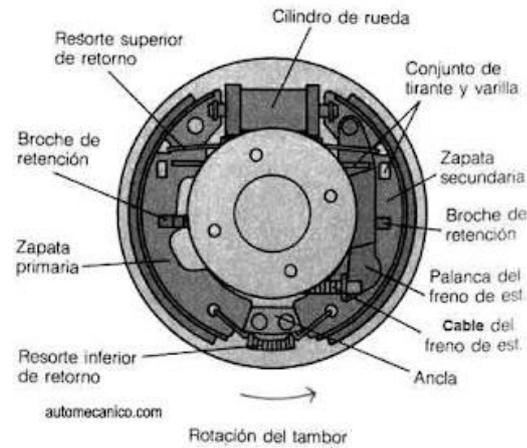
En cuanto a los elementos que se hacen presentes en la acción de frenado tenemos a los frenos de zapatas o también conocidos como frenos de tambor, frenos de discos.

Frenos de tambor

Los frenos de tambor son aquellos en el interior de una superficie también conocida como tambor reduciendo progresivamente el movimiento giratorio de las llantas hasta que estas se detengan completamente.

Figura 2

Elementos freno de tambor



Nota. Obtenido de (Mecanica Automotriz , 2015)

Elementos de freno de tambor

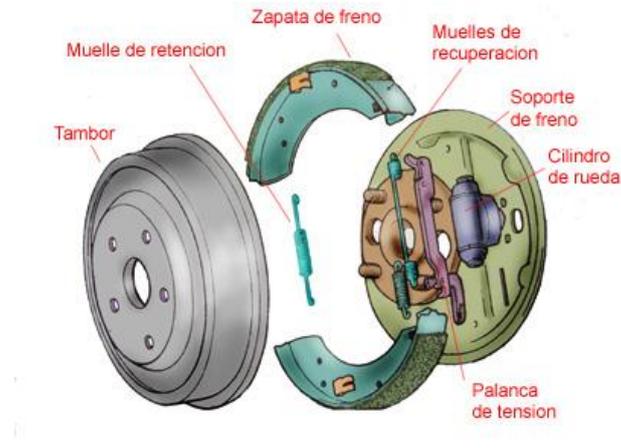
Tambores de freno

Los tambores de freno son un elemento muy importante ya que estos soportan presiones y temperaturas muy elevadas, tanto que el material con el que está formado es de una calidad muy alta, convirtiéndose así en un elemento de elevada precisión.

(Telechana, 2018)

Figura 3

Tambor de freno



Nota. Obtenido de (The Automobile Needs, s.f.)

Zapatas

Las zapatas requieren los mismos patrones de calidad de las pastillas de frenos por tal que estos son sometidos a pruebas de calidad.

Figura 4

Zapatas de tambor.



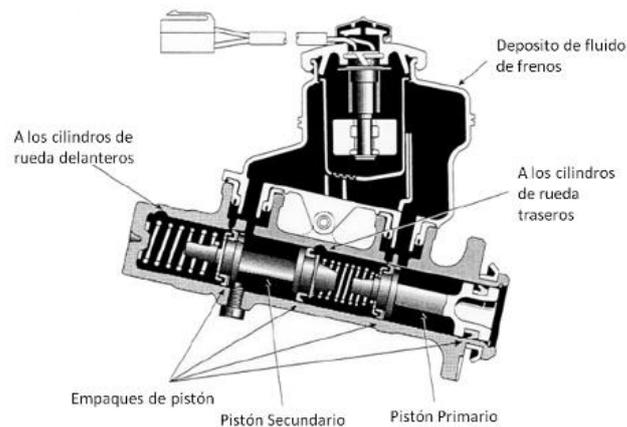
Nota. Tomado de (EuroTaller, 2015)

Cilindro de Rueda

Este es accionado por el líquido de freno que es accionado cuando el conductor acciona el pedal. La fuerza hidráulica es la que acciona a este cilindro empujando así las zapatas de forma perpendicular hacia el tambor.

Figura 5

Cilindro de rueda



Nota. Obtenido de (e-auto, s.f.)

Ventajas y desventajas de frenos de tambor

Tabla 1

Ventajas y desventajas de frenos de tambor.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Los coeficientes de fricción son mayores en comparación a los frenos de disco.	Cuando se sobrecalientan tiene a perder coeficiente de frenado.

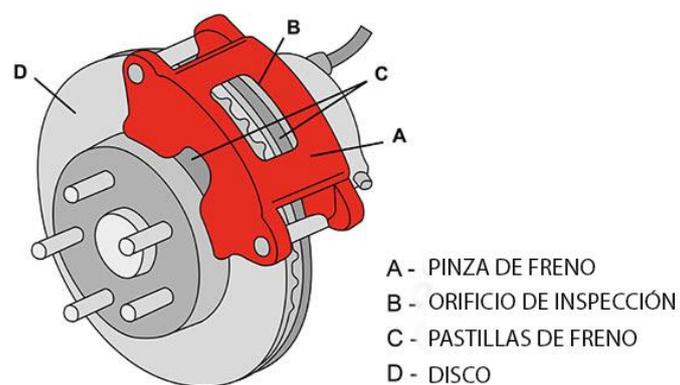
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son más recomendables en vehículos pesados ya que tienen mayor capacidad de frenado.	El incremento de peso del vehículo aumenta en comparación a los vehículos con frenos de disco. El mantenimiento es más complejo y costoso.

Frenos de disco

El sistema de frenos de disco cuenta con una norma más activa en comparación a los frenos de tambor debido que estos tienden a tener una menor distancia y tiempo de frenado, esto significa que sus elementos están mejor refrigerados.

Figura 6

Freno de disco.



Nota. Obtenido de (CHAMPION , s.f.)

Elementos de sistema de frenos a disco.

Deposito del líquido de freno

El depósito cumple con la función de almacenar el líquido para cuando el freno se accione este alimente a la bomba maestra. Este componente se encuentra en la parte superior de la bomba o también conocido como servofreno de esta manera el líquido se trasporta por gravedad alimentado así a las cañerías.

Figura 7

Depósito de líquido de frenos



Nota. Tomado de (autofacil, s.f.)

Cañerías.

Las cañerías son canalizaciones por donde el líquido de freno se traslada. Este líquido es bombeado hasta llegar al cáliper o mordaza.

Las cañerías deben ser resistentes al líquido y a diferentes presiones que se ejercen.

Figura 8

Cañerías de líquido de frenos.



Nota. Tomado de (autofacil, s.f.)

Pinza de freno

La pinza de freno es un elemento que se encuentra sujetado por un pivote acoplándose un latiguillo y un purgador.

El líquido de presión que viene por las cañerías que accionan a este y genera movimiento frontal de la pastilla hacia el disco de frenado.

Figura 9

Pinza de frenado.



Nota. Tomado de (autofacil, s.f.)

Pastilla de freno

Las pastillas de freno están en fricción con el disco y son hechas de una material resistente ya que estas realizan el frenado del SAE eléctrico. Las pastillas de frenado se componen de dos partes el material de fricción y el soporte metálico.

Figura 10

Pastillas de freno.



Nota. Tomado de (autofacil, s.f.)

Composición.

Tiempos atrás las pastillas un porcentaje eran fabricadas de amianto, una sustancia que es muy perjudicial para la salud por la cual también se fabrica tejas, baldosas ya azulejos , sin embargo hoy en día existe la obligación de eliminar esta sustancia, por lo cual existen diversos cambios dentro de las formulaciones.

Sin embargo los primeros materiales que fueron fabricados sin este producto tenían una baja duración y prestación por lo que a consecuencia disminuyeron las ventas en los mercados. (Ocaña, 2012)

Hoy en día la mayoría de componentes de fricción emplea en un porcentaje la medida de los siguientes componentes:

Lubricantes: estos se encargan de variar diferentes coeficientes de fricción. Dependen del rango de temperatura de funcionamiento. Se emplea en forma de polvo tales como: (grafitos, sulfuros) (Ocaña, 2012)

Ligantes orgánico: estos se encargan de juntar el resto de materiales. Cuando alcanzan una temperatura estos circulan y ligan al resto de componentes hasta que estos componentes de juntan entre sí o polimerizan. (Ocaña, 2012)

Metales: son incrementados en forma de polvo consiguiendo así unir el coeficiente de fricción como por ejemplo la transferencia de energía calorífica desde la pastilla hacia la mordaza. (Ocaña, 2012)

Fibras: se función es aglutinar y ligar el resto de los elementos. Existen dos tipos principales de fibras; sintéticas y minerales. Las más comunes que se utilizan son las fibras de vidrio y fibra de aramida. (Ocaña, 2012)

Abrasivos: son sustancias las cuales tiene una finalidad de actuar sobre diferentes materiales con unos esfuerzos diferentes, renovando así la superficie de los discos de freno.

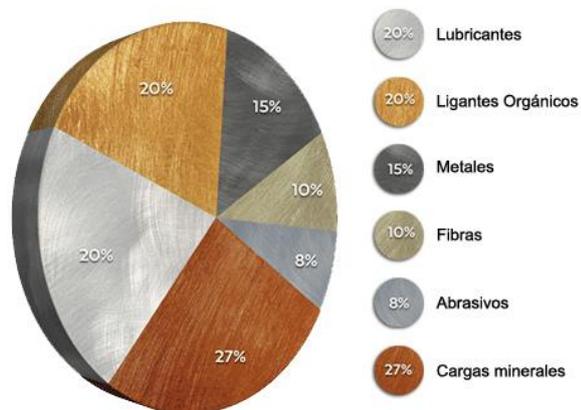
Cargas minerales: estas dan resistencia mecánica aportando resistencia a la abrasión a temperaturas elevadas. Las más utilizadas son magnesita, talco, carbonato. (Ocaña, 2012)

Características.

- Una de los principales requerimientos que debe cubrir este material son los que establecen en su propia aplicación:
- Mantenerse en armonía y resistencia al desgaste.
- Mantener un coeficiente de rozamiento adecuado y una resistencia temperaturas elevadas.
- Mantener una buena resistencia a deformaciones causadas por presión.

Figura 11

Composiciones pastilla de freno.



Nota. Obtenido de (Blog Mecánicos , 2018)

Líquido de freno

El líquido de freno cumple con propiedades de resistir altas temperaturas y de no absorber agua tan fácilmente. También es utilizado para transmitir presión hacia los cilindros.

Figura 12

Líquido de frenos visten DOT 3.



Nota. Tomado de (RGA PROVEEDORES INDUSTRIALES S.A.C, s.f.)

Cables de freno de estacionamiento.

Estos son los encargados de dejar los discos o tambores fijos durante un estacionamiento evitando así que el vehículo se desplace.

Figura 13

Cable de freno de estacionamiento.



Nota. Tomado de (autofacil, s.f.)

Bomba maestra de frenos.

La bomba de frenado o también conocido como cilindro maestro cumple con la función de mandar líquido a presión mediante las cañerías incitando así que la pinza se accione con la pastilla hacia el disco. Este componente es principalmente accionado por el pedal de freno al momento que el conductor pisa.

Figura 14

Bomba maestra de frenos.



Nota. Tomado de (BLOG MECÁNICOS , s.f.)

Funcionamiento del cilindro maestro

El funcionamiento del sistema de freno abarca alrededor de 1 a 2 litros de líquido hidráulico. El cilindro maestro cuenta con un depósito en donde se visualiza el nivel del fluido, una de las variables que posee este líquido es que desgasta las pastillas manteniendo así una operación segura. (Telechana, 2018)

El depósito está hecho de resina sintética y consta de una tapa que proporciona la abertura de gases que se producen en momentos de frenada y permite que el fluido suba y baje con facilidad según sea la situación.

Consta también de un diafragma de goma que impide que el líquido absorba la humedad evitando que el desempeño del fluido esté afectado. (Telechana, 2018)

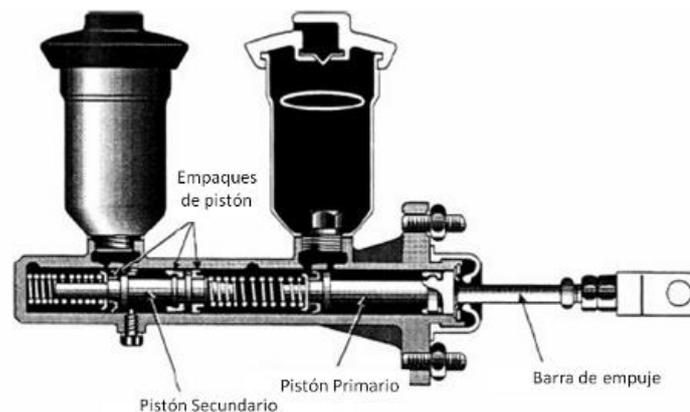
Tipos de cilindros maestros

Cilindro maestro de Doble División

El cilindro maestro consta de dos secciones de acumulación el cual una de ellas es la encargada de accionar los frenos traseros y la otra acciona los frenos delanteros. Se le conoce como extremo de nariz del cilindro el extremo que mira hacia el frente del vehículo, en este extremo está el pistón secundario. El otro extremo se conoce como extremo de varilla de empuje y se encuentra en el pistón primario. (Telechana, 2018)

Figura 15

Cilindro Maestro doble división.



Nota. Tomado de (e-auto, s.f.)

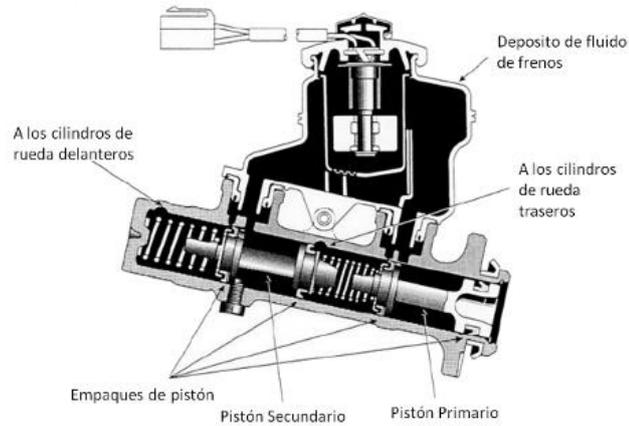
Cilindro Maestro de División Diagonal

Este sistema es utilizado principalmente en vehículos de tracción delantera debido a que el peso tanto como del motor y la transmisión se encuentra sobre los ejes delanteros por lo que los frenos delanteros están sometidos al mayor porcentaje de frenado.

Los frenos traseros no están en capacidad de realizar un frenado en caso que los frenos delanteros fallen. El sistema de frenado de división diagonal se encuentra dividido en secciones de manera que el freno izquierdo delantero y trasero se encuentra trabajando en el mismo circuito y viceversa. (Telechana, 2018).

Figura 16

Cilindro Maestro de división diagonal.



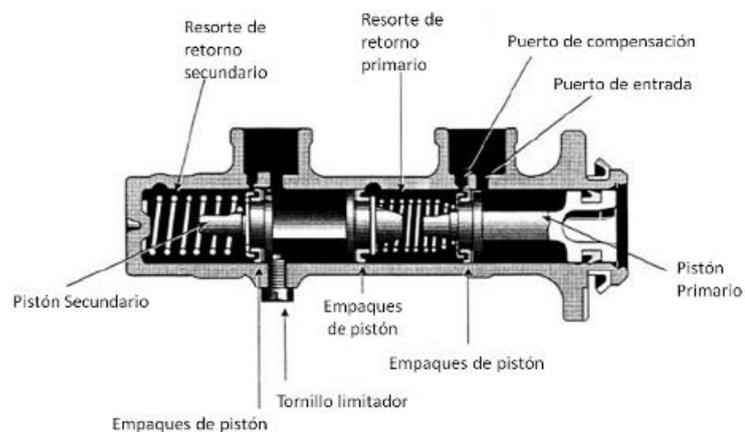
Nota. Tomado de (e-auto, s.f.)

Cilindros Maestros de Compensación Rápida

El funcionamiento normal es cuando los frenos no están en aplicación, los empaques de los pistones están situados entre los orificios de entrada y puerto de compensación, esto libera paso entre el cilindro y el tanque del depósito.

Figura 17

Cilindro maestro de compensación rápida



Nota. Tomado de (e-auto, s.f.)

Discos de freno

El disco de freno es el que se fricciona con las pastillas para reducir o frenar totalmente al SAE eléctrico. Este gira con la rueda constituyendo así como un elemento móvil de frenado.

Figura 18

Disco de freno.



Nota. Tomado de (autofacil, s.f.)

Comportamiento mecánico

Los discos de freno son sometidos a temperaturas muy elevadas, producidas por la tensión

Y deformación de fuerzas externas. El comportamiento mecánico tiende a producir dos fuerzas que son una de compresión y una de tracción.

Fuerza de compresión: esta es producida por la fuerza que se da entre las pastillas a estar accionadas por el pistón de la pinza de frenado mediante la presión que ejerce el líquido de freno.

Fuerza de tracción: esta se presenta en el rozamiento de la pastilla con el disco de freno. Es decir que esta fuerza ocurre cuando la cara de la pastilla está en fuerza apuesta al disco de freno o en movimiento rotatorio.

Comportamiento térmico

En cuanto al comportamiento térmico se mencionó que los discos de freno producen una transformación de energía cinética en calor. Entonces al hablar de fricción los discos tienden a tener temperaturas elevadas.

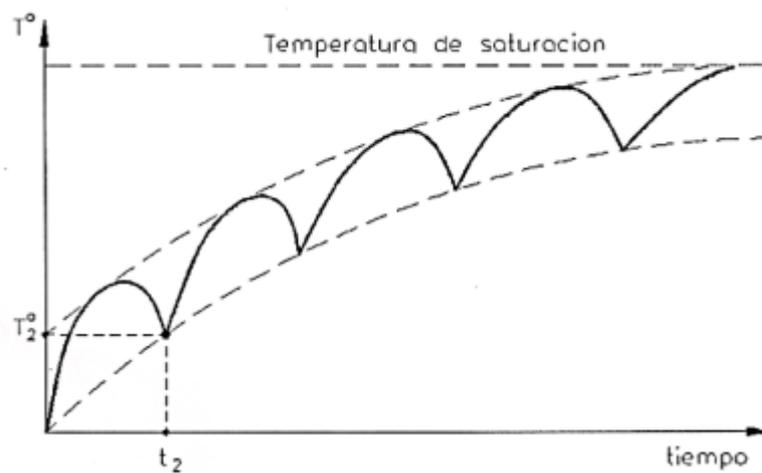
También ir a velocidades elevadas genera puntos elevados de calor en el disco, donde el 95% de calor es generado por fricción. Esos puntos sublimes del mecanismo pueden provocar deformaciones.

Precisamente como todos los mecanismos que se encuentran sometidos a fricción tienen un límite máximo conocido como punto de saturación.

Para alcanzar la temperatura de fricción existe un proceso que consta de una serie de frenados, debido a que el disco arranca con una temperatura ambiente o también llamada en frío. Cada vez que se frena la temperatura aumenta y disminuye cuando se suelta el pedal de freno. No siempre la temperatura inicial va a ser la misma porque se necesita un periodo de tiempo de enfriamiento. (CARPIO, 2018)

Figura 19

Temperatura de frenado con respecto al tiempo.



Nota. Obtenido de (CARPIO, 2018)

Ventajas y desventajas de freno de disco.

Tabla 2

Ventajas y desventajas de frenos de disco perforados.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El calor se esparce fácilmente gracias a que los discos tienen paso de aire por los lados.	El desgaste de pastillas es excesivo debido a las altas temperaturas que el disco soporta ya que tiene menos superficie de fricción.
Mantenimiento con mayor facilidad y rapidez.	se producen burbujas de vapor en el líquido de frenos por la proximidad de las pastillas al disco.
Se limpian solos debido a la acción centrífuga.	Las pastillas necesitan más apriete debido a que tienen menos superficie de frenado.
Frenado con respuesta rápida.	

Mecanismos de frenada

Fuerzas de frenado

Las principales fuerzas de frenado son desarrolladas en las superficies de las ruedas que están en contacto con el pavimento. La declinación de velocidad del formula SAE es producto de la aplicación de frenos.

Tomando en cuenta que existe una fricción entre el neumático y la calzada que aseguro una correcta frenada, el neumático desarrolla una fuerza de oposición que es generado por la rueda. Este valor estará en función de las características del neumático que este en uso, pero la fuerza de acción generada como respuesta será: (Ocaña, 2012)

$$\text{Fuerza de frenado} = \frac{N_{\text{frenado}}}{R_{\text{neumatico}}}$$

En donde:

- F frenado es la reacción del neumático y la calzada. (asumiendo que existe suficiente fricción que soportara la fuerza).
- R neumático es el radio del neumático. (brazo del momento)

Cabe recalcar que este análisis está determinado sobre una rueda. Actualmente los vehículos tienen fuerzas generadas para cada una de las ruedas por lo que se debe tener en cuenta que tenemos cuatro fuerzas. Obtenido así una formula

$$F_{\text{total de frenado}} = \sum F_{\text{frenado } D1, DD, TI, TD}$$

Resistencia a la rodadura.

Los tipos de acciones aerodinámicas que aporta el vehículo también tienen una resistencia. Estas acciones son presentadas hacia el vehículo como fuerzas opuestas al movimiento, y su magnitud depende de la velocidad del vehículo.

Fricción

Se puede decir que la fricción es la fuerza tangencial que se obtienen entre un cuerpo en reposo siendo así la superficie suelo y un cuerpo en movimiento la superficie del neumático.

Figura 20

Coefficiente de fricción según el tipo de carretera.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN O ROZAMIENTO (μ)			
SUPERFICIE	ESTADO	NEUMÁTICOS N	NEUMÁTICOS V
CONCRETO	SECO	0.55	0.50
	MOJADO	0.45	0.40
ASFALTO	SECO	0.75	0.70
	MOJADO	0.70	0.60

Nota. Tomado de (ESPRESSO, 2018)

Reparto óptimo de fuerzas de frenado

Conforme al efecto que se produce al frenar, la entrega de pesos es importante para el análisis del sistema de frenos. Esta transferencia es producida de manera longitudinal vehículo es decir que la fuerza de frenado superior es de los ejes delanteros, limitando así el agarre de los neumáticos posteriores.

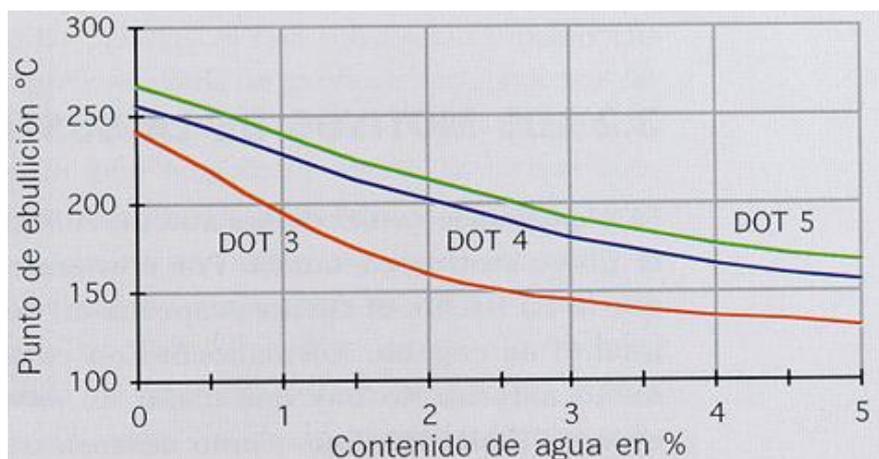
Tipos de líquido de frenos

El líquido de frenos es un líquido que actúa hidráulicamente y permite la fuerza de transmisión entre el pedal y los dispositivos de frenado. Se trata que es un aceite muy ligero (SAE 5) y su especificación está dada por las siglas DOT (Departamento of Transportation) que a medida que este aumenta también lo hace el punto de ebullición. (Telechana, 2018)

Una de las características de este líquido hidráulico es su carácter “higroscópico” (excepto el DOT 5), es decir que tiene una buena capacidad de absorber el mayor porcentaje de humedad, quiere decir que permite repartir la humedad en todo el porcentaje de líquido que este almacenado sin que se quede depositada en puntos de las cañerías en forma de agua. (Telechana, 2018)

Figura 21

Puntos de ebullición de los diferentes líquidos de freno.



Nota. Tomado de (FRENOSOL, 2012)

DOT 3: El más habitual, ya que es utilizado para frenos convencionales.

(LOCTITE TEROSON, s.f.)

Tabla 3

Ventajas y Desventajas DOT 3

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Costo accesible.	Mayor deterioro de pintura y cañerías.
Mayor disponibilidad.	Extremamente higroscópico.

DOT 4: Es conocido como LMA (LOW MOISTURE ABSORTION), o también conocido como un fluido de baja absorción de humedad. (LOCTITE TEROSON, s.f.)

Tabla 4

Ventajas y Desventajas DOT 4

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor durabilidad en comparación al DOT 3.	Deterioro de pintura. Costo elevado
Su punto de ebullición es más elevado.	

DOT 5: Es un fluido no higroscópico, compuesto de silicona. Que no es recomendable usar en vehículos cuyo líquido de frenos deba tener una base sintética.

(LOCTITE TEROSON, s.f.)

Tabla 5

Ventajas y Desventajas DOT 5

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No daña cañerías.	Absorbe gran cantidad de aire.
No daña pintura.	Proceso de purga con más dificultad.
	Incompatible con otros líquidos de frenos.
	(LOCTITE TEROSON, s.f.)

Tipos de construcción de sistema de frenos hidráulicos.

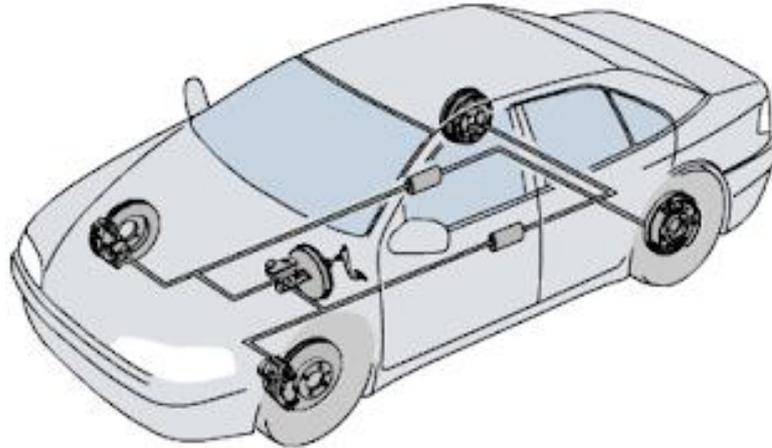
El sistema de frenos hidráulico reduce la velocidad de vehículo total o parcialmente. Para esto el líquido hidráulico trabaja por presión hacia el freno de la rueda. Este sistema de frenos tiende a dividirse en dos circuitos para evitar fallas, de esta manera se garantiza que si uno de los sistemas falla el otro seguirá trabajando con normalidad. (Telechana, 2018)

Disposición diagonal

Este circuito trabaja en conjunto con dos ruedas del vehículo. Siendo así que la rueda delantera derecha trabaja con la rueda trasera derecha. Este tipo de mecanismo se emplea principalmente en vehículo con tracción en las ruedas delanteras. (Telechana, 2018)

Figura 22

Disposición diagonal



Nota. Tomado de (Mecatronica 180685, 2011)

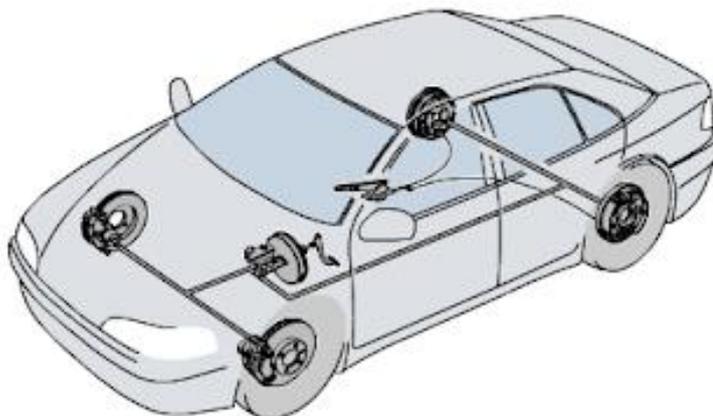
Disposición paralela

Esta disposición de frenado es una de las más comunes ya que cada una trabaja en conjunto con cada eje se emplea más en vehículo con dirección trasera. (Pick up)

(Telechana, 2018)

Figura 23

Disposición paralela



Nota. Tomado de (Mecatronica 180685, 2011)

Cañería hidráulica de freno.

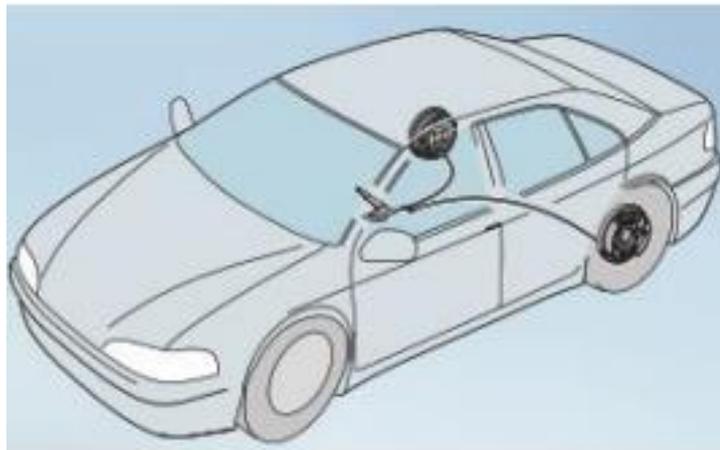
Las cañerías hidráulicas de freno se definen como una red de tubos por donde el líquido fluye a presión que conecta los componentes del sistema de frenos. Las dimensiones de las cañerías se definen mediante el modelo del vehículo y del modelo del sistema de frenos. (Telechana, 2018)

Sistema de frenos de estacionamiento.

Este sistema de frenos de estacionamiento también conocido como freno de mano mantiene al vehículo fijo en un punto ya sea en posiciones inclinadas con o sin el conductor.

Figura 24

Disposición de frenos de estacionamiento.



Nota. Tomado de (Telechana, 2018)

Capítulo III

Desarrollo e implementación

Para el desarrollo del presente capítulo procederemos a reconocer la fabricación e implementación de los diferentes componentes utilizados en el prototipo de vehículo formula SAE eléctrico.

Selección del tipo de frenos

Alternativas de frenos

- a) Frenos delanteros Para la parte frontal del sistema de frenos se tomó en consideración el peso, el espesor y el tamaño ya que se necesitaba el preciso que quede bien con el conjunto de mordazas, mangueras y discos de frenos
- b) Para la parte posterior, se deben tomar en cuenta las dimensiones que quedan disponibles en la parte trasera ya que en caso de ser necesario los discos se deberán limar y adaptar de forma correcta.

Para esto primero debemos tener en cuenta las dimensiones de la manzana ya que en esta se acoplará diferentes platinas para dar seguridad a los elementos de frenado como son; la mordaza, los discos de freno y las pastillas de freno.

Figura 25

Mangueta Mini Austin



Antes que nada, señalaremos los puntos a tomarse en cuenta para la elección de los componentes del sistema.

Criterios de valoraciones

Los criterios que van a ser considerados para ambos casos son:

- **Eficiencia**
 - Se debe garantizar la funcionalidad del sistema de frenos y cada uno de sus componentes ya que de éste dependerá la seguridad integral del prototipo como del piloto.
- **Disponibilidad**
 - Los componentes del sistema de frenos deben ser en su mayoría de fácil adquisición y de esta manera poder evitar la pérdida de tiempo excesivo en caso de averías, por tal motivo los implementos utilizados para el prototipo son en su mayoría elementos de motos fáciles de encontrar en el mercado.

- **Mantenimiento**

- El sistema de frenos debe estar instalado en una zona de fácil acceso dentro de la carrocería y sus componentes deben tener visión adecuada en caso de emergencias ya su vez para los mantenimientos preventivo y correctivo.

- **Dimensiones**

- Procurar mantener dimensiones adecuadas con respecto a la normativa SAE para de esta manera no generar cambios excesivos al momento de la implementación de componentes.

- **Costos**

- Con motivo de crear un prototipo de auto eléctrico que pueda ser homologado y posteriormente comercializado, se debe tener en cuenta que el costo del mismo se de fácil acceso al público a quien va dirigido en este caso los consumidores.

Implementación del sistema de frenos en el auto eléctrico

1. Obtención de los componentes
2. Instalación del sistema de frenos delantero.
3. Instalación del conjunto tracción-frenos.
4. Sujeción de la bomba.
5. Implementación del pedal de freno
6. Sujeción de las mangueras de transporte de líquido de frenos.
7. Inspección general de la instalación de componentes.
8. Colocación del líquido de frenos, sangrado y revisión.
9. Verificación de fugas en las cañerías hidráulicas
10. Pruebas de funcionamiento.

Obtención de los componentes

Figura 26

Mordaza



Se eligió este tipo de mordaza ya que por las medidas y el espacio en el vehículo es la mejor opción ya que en la misma vienen instaladas las pastillas de freno.

Figura 27

Pastillas de freno



Figura 28

Disco de freno.



Se utilizará discos de frenos perforados de motocicleta ya que son los más aptos y que se pueden acoplar de mejor manera a la mordaza y brindar seguridad al manejar el vehículo el espesor de los mismos es de 0,45 mm.

Figura 29

Cañerías



Utilizaremos 2 cañerías ya que poseemos una bomba de freno de doble entrada y se

debe acoplar para que quede de manera correcta.

Figura 30

Líquido de frenos



Utilizaremos el líquido de frenos DOT 3 ya que es el más factible para el vehículo debido a la existencia del propio frenado del motor al momento de quitar el pie del acelerador, además es uno de los más fáciles de conseguir en el mercado ya que la mayoría de vehículos utilizan este tipo de líquido por su bajo precio, sin embargo es preciso señalar que su económico precio se debe a que absorbe con mayor facilidad el agua y puede perder de forma rápida sus propiedades por ende generar en el peor de los casos corrosión en el sistema de frenos.

Figura 31

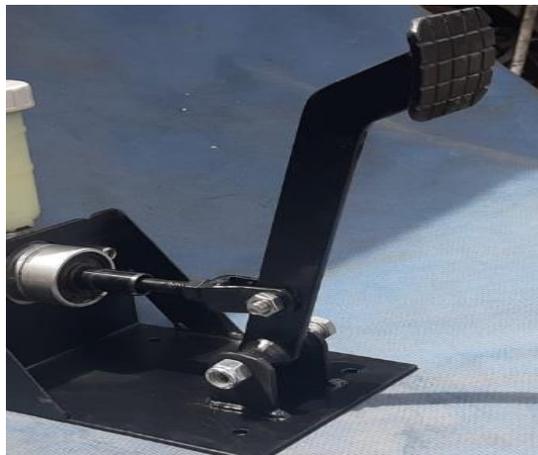
Bomba de freno



En este caso poseemos una bomba de freno de doble entrada la cual permitirá el acceso de las 2 cañerías referente e cada lado del vehículo, la misma se verifico es suficiente para abastecer todo el sistema de frenos.

Figura 32

Pedal de freno



Permitirá el accionamiento completo del sistema de frenos.

Instalación del sistema de frenos delantero.

Lo primero que hacemos es ir al torno para limar la base en la cual ira implementada el disco, es decir la parte trasera de la manzana.

Para ello necesitamos saber la medida del borde interior de la manzana y llevar hasta ese punto la base, en este caso la medida a la que teníamos que llegar con el limado correspondía a 12,3 cm esto para que al momento de instalarlo los 0,8 cm del borde de la manzana permitan la correcta sujeción de la base apegada al disco de freno y a su vez ayudándonos de los pernos y las tuercas verificando que estén correctamente ajustados.

Figura 33

Medida del borde de la manzana



Figura 34

Medida de la base de la manzana



Ahora con la constante inspección de la medida de la base vamos limando poco a poco hasta llegar a la medida pertinente.

Figura 35

Rectificado de base de disco de freno



Una vez culminado estos pasos montamos las piezas y adjuntamos el disco de freno a la manzana para después colocar todo el sistema completo a las bases del vehículo conjuntamente con el eje y el amortiguador.

Para ello primero formamos la mangueta conjuntamente con el cubo de la rueda y vemos que los agujeros de sujeción estén correctamente dispuestos para la entrada de las puntas homocinéticas.

Figura 36

Mangueta



Formados los implementos necesarios para el correcto posicionamiento del disco de frenos los unimos y aseguramos, el disco ira ubicado entre la parte trasera de la manzana y la mangueta.

Figura 37

Sistema de disco de freno



Cabe señalar que todos los implementos para este sistema fueron previamente lijados y pintados para el mejor reconocimiento y su vez por la estética del vehículo.

Después de tener forjado casi en su totalidad el sistema del disco necesitamos colocar la mordaza la cual ya viene implementada las pastillas, las mismas el material del que están compuestas es de carbón, esto debido a que el vehículo no llegara a velocidades extremas como se daría el caso en un vehículo de MCI, además por el espacio dispuesto en el prototipo estas son las más adecuadas ya que poseen un largo de 10 cm y un peso aproximado de 1.5 libras.

Figura 38

Disco de freno acoplado a la mangueta.



Ahora tenemos el disco de freno acoplado a la mangueta a la manzana y a la mordaza, de esta manera tenemos el mecanismo completo el cual en su momento ira acoplado a los brazos de la estructura y a su vez con el eje y el amortiguador.

Figura 39

Disco de freno acoplado a la mangueta y a la manzana.



Finalmente instalamos este mecanismo en la base realizada para que se acople de manera correcta y posteriormente poder sujetarlos con pernos y tuercas #19, en el caso de los amortiguadores, brazos de la estructura y terminales que permiten un ajuste más complementario entre todos los sistemas se colocaron tuercas de seguridad en todos ellos para la mayor seguridad al momento de manejo ya que las mismas no permitirán el retroceso o salida de ninguno de los pernos.

Figura 40

Montaje del disco en el chasis del vehículo



Instalación del conjunto tracción-frenos

En el caso de los frenos traseros estos van ubicados alrededor de las campanas de los ejes, de igual manera que en la parte delantera se utilizaran discos perforados por su mayor compatibilidad con lo necesario para obtener un buen sistema de frenado.

Los discos poseen un espesor de 0,45 mm y serán abastecidos de la misma bomba con ayuda de una cañería dirigida a la parte posterior.

Figura 41

Discos de frenos posteriores.



Sujeción de la bomba.

En este caso se utiliza una bomba de doble entrada es decir esta permitirá el correcto funcionamiento de todo el sistema de frenos ya que de ella fluirá el líquido necesario para una adecuada fuerza de frenado.

Figura 42

Sujeción de la bomba.



La instalación de esta esta es lineal a la del pedal de freno esto debido a que su accionamiento depende de este último, se ubica en la parte delantera a 8 cm de distancia con respecto a la estructura frontal y va sujeta al conjunto de platina formado para este sistema en el cual se utiliza pernos con entrada de hexagonal #5 y tuercas #8.

Figura 43

Bomba de freno



En la bomba por motivo de la existencia de más salidas de líquido de frenos, es necesario utilizar tapones los cuales son realizados con ayuda de pernos que son recortados y adaptados de acuerdo a la rosta de entrada de la bomba para de esta manera evitar las fugas por medio de la propia bomba.

Figura 44

Tapones de bomba de freno



Implementación del pedal de freno

Para el pedal de freno se procedió a instalarlo conjuntamente con la bomba de forma que al momento de ser sujetados al piso de la carrocería no exista movimiento alguno de estos elementos.

Figura 45

Conjunto pedal y bomba de freno



Además se tiene en cuenta la comodidad del piloto, por tal motivo se procedió a que varias personas de distintos tamaños se subieran al prototipo y medir la distancia adecuada para colocar el pedal, en primera instancia subió una persona de 1,77 m y la distancia del pedal con respecto a la estructura frontal fue de 31 cm, por otro lado con una persona de 1,64 m la distancia del pedal con respecto a la estructura frontal es de 37 cm, teniendo en cuenta la estatura promedio en Ecuador que es de 1,67 según lo resalta la revista Ekos en el estudio realizado el 25 de enero del presente año, “Ecuador por ejemplo, ocupa la penúltima posición de este listado y registra una estatura promedio de 1,67 metros para hombres y de 1,55 metros en mujeres.” (Ekos, 2022).

Teniendo en cuenta estos datos se determinó que la distancia adecuada de posicionamiento del pedal de freno sea de 34 cm con respecto a la estructura frontal del prototipo.

Figura 46

Distancia del pedal de freno.



Sujeción de las mangueras de transporte de líquido de frenos.

Las mangueras están compuestas de caucho recubiertas por una malla de alambre siendo estas flexibles para el momento del acople con la bomba de freno y con la mordaza.

Su objetivo es el transporte del líquido de frenos a los mecanismos tanto delanteros como traseros para ello fue necesario la adaptación de diferentes componentes para el correcto.

Sujeción de las mangueras de transporte de líquido de frenos.

Las mangueras están compuestas de caucho recubiertas por una malla de alambre siendo estas flexibles para el momento del acople con la bomba de freno y con la mordaza, su objetivo es el transporte del líquido de frenos a los mecanismos tanto delanteros como traseros para ello fue necesario la adaptación de diferentes componentes para el correcto desplazamiento del mismo.

Figura 47

Cañerías de frenos



Se procede a instalar las cañerías de freno comenzando por el circuito delantero y luego por el posterior, se inicia adaptando en la punta de las cañerías un racor y se corta la cañería en el otro extremo ya que ira destinado a la mordaza, luego las cañerías son acopladas con la bomba de freno ubicada en la caja de pedales y se sujetan a través del chasis con ayuda de correas plásticas hasta llegar a los racores de distribución, después se recorta la cañería sobrante y se adapta un racor a la salida de líquido que en este caso es de dos vías es decir el racor habilitar a dos líneas para ser actuadas en cada una de las

ruedas en la parte delantera y en la parte posterior.

El racor en este caso era de una moto y la entrada para la bomba era diferente, por lo cual se tuvo que limar el mismo para que quedara de la mejor manera y no exista fuga de líquido de frenos.

Figura 48

Racor de la bomba de freno



Para esto fue necesario la creación de una “T” la cual permitiría activar el sistema de freno de la parte delantera ya que se tiene que desplazar líquido de frenos en la misma proporción a las llantas delanteras.

Creación de “T” de distribución de líquido.

Iniciamos cortando un tubo de 1.8 cm de diámetro, al cual se diseñaron 1 racor de entrada y 2 salidas a las cañerías de líquido de freno, cada una para cada lado del prototipo, una vez soldadas todas las salidas se procedió a limar el componente ya que existía escoria en la misma y con ayuda de la moladora la misma fue retirada.

Figura 49*Limado de "T"*

Una vez culminada la limpieza de la pieza se procedió a pintarla e instalarla ya en el vehículo siendo sujeta mediante hexagonal #5 y conectando las cañerías que van a cada rueda.

Figura 50*Instalación de "T"*

A su vez se daba la forma adecuada a la cañería que transporta el líquido de frenos desde la bomba a la "T" con ayuda de una herramienta especial, para que esta tenga una ubicación correcta y permita el paso correcto de líquido.

Figura 51

Formación de cañería



Finalmente conectamos todas las cañerías y las ajustamos de forma que no exista fuga de líquido de frenos por ninguna parte, en nuestro caso existió una fuga en la parte media de la "T" donde se había realizado la suelda, lo cual tuvo que ser arreglado y de esta forma dar certeza de que el sistema esté formado correctamente.

Figura 52

Conexiones de las cañerías a la bomba.



Inspección general de la instalación de componentes.

Ahora llega el momento de verificar que en nuestro caso todos los elementos que conforman el sistema de frenos estén colocados de manera correcta, principalmente se tiene en cuenta el ajuste de los pernos y tuercas ya que en su mayoría en todos los pernos que se colocaban su uso de tuercas de seguridad ya que las mismas no permitirán el desplazamiento de ningún componente.

En el caso de los discos de freno y mordazas verificamos las conexiones que poseen con los brazos de la estructura, con el terminal y con el amortiguador.

Figura 53

Verificación de ajuste de pernos de freno izquierdo y derecho.



También verificamos el ajuste de todas las cañerías tanto desde la bomba como de la mordaza ya que de estas dependerá el correcto funcionamiento del sistema, para ello cabe recalcar que fala purgar los frenos los cual se realizará más adelante con la colocación del líquido.

Figura 54

Conexiones de cañerías.



Colocación del líquido de frenos, sangrado y revisión.

Ahora colocamos el líquido de frenos en este caso elegido el de la marca “Ate” que posee una denominación DOT 3 en la bomba hasta su punto máximo y pisamos el pedal de freno permitiendo de esta forma el paso del líquido hacia las mordazas.

En un inicio el pedal estar muy flojo debido a la existencia de aire en el interior de las cañerías para lo cual procedemos a sangrar o purgar el sistema con ayuda de una llave 10 aflojamos el tornillo de purga que se encuentra ubicado en la mordaza, realizamos este proceso aproximadamente unas 5 veces en cada lado hasta que el pedal de freno se endure y se verifique el líquido y el sistema está trabajando de forma adecuada.

Figura 55

Sangrado de líquido de freno.



Nota. La primera sangrada en un vehículo en la mayoría de casos toma más tiempo esto debido al aire existente en las líneas de frenado, por tal motivo es necesario tener los elementos adecuados para seguridad de las personas ya que el líquido de frenos es muy tóxico e irrita la piel y ojos al contacto, al momento de purgar, el líquido es expulsado con fuerza conjuntamente con el aire existente lo cual rebota en las llantas y es salpicado en todo su alrededor, por tal motivo es recomendable usar implementos adecuados para la ejecución como son; gafas, mandiles, guantes y poseer agua tanto para limpiar el líquido lo más pronto como para las comprobaciones fugas se es el caso, todo esto para salvaguardar la integridad de los técnicos en el taller.

Figura 56

Finalización de purgado

**Verificación de fugas en las cañerías hidráulicas.**

Al haber colocado el líquido de frenos se logró detectar una fuga existente en la “T” que tiene como función es traslado del líquido hacia las mordazas, dicha fuga fue solucionada aflojando el elemento y soldando puntos en donde existía la fuga posteriormente limándolos y comprobando nuevamente al colocarlo de que ya no exista fuga.

Figura 57

Corrección de fugas.



Nota. El derrame de líquido de frenos se limpió tan pronto se detectó la fuga con ayuda de agua y guapos estés porque podría dañar otros elementos del prototipo en caso de llegar a tener contacto.

Pruebas preliminares

Al concluir el proceso de construcción del sistema de frenos se procede a realizar pruebas preliminares de comportamiento del sistema, estas pruebas fueron realizadas en los alrededores del taller donde se creó el prototipo, la prueba de frenado tiene como objetivo el comprobar que el sistema de frenos bloquee todas las ruedas y además la dirección de frenado se mantenga en la recta

Para esto se ejecutó las pruebas de manera segura y luego el vehículo es revisado para determinar los neumáticos mantenga la misma presión y obtener una mayor precisión de datos, ahora para visualizar si el frenado es de manera efectiva en esta prueba, se requirió el uso de una filmación en cámara lenta con la cual se verifica el bloqueo de las cuatro ruedas del prototipo, luego se inspeccionó de manera visual que el vehículo mantenga la dirección de frenado de forma recta ya que ese es el objetivo de este sistema el mismo no debe mostrar ningún desvío en el trayecto y además se debe lograr un control efectivo de frenado para el piloto, lo cual en nuestro caso se fue satisfactorio ya que cumplió con todos estos parámetros.

Figura 58

Prototipo aplicado el sistema de frenos.



Capitulo IV

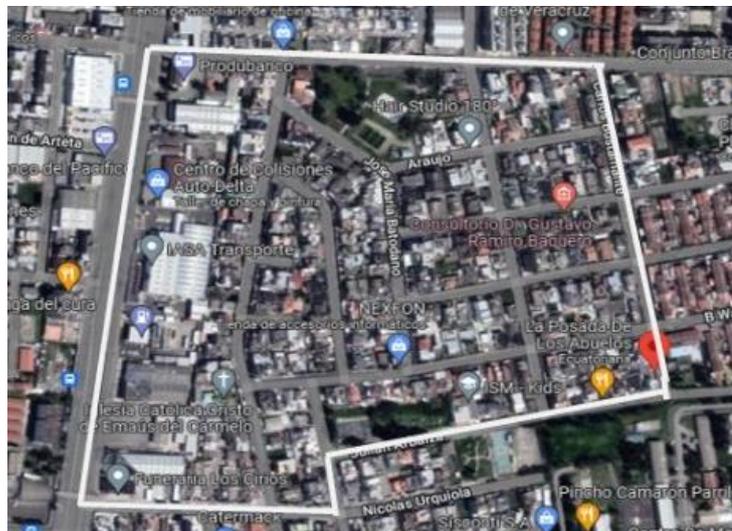
Pruebas

Pruebas de funcionamiento

Para evaluar el funcionamiento del sistema de frenos se pondrá a prueba todo el mecanismo en una ruta de aproximadamente 2,12 km en el norte de Quito, la ruta dará inicio en la calle Carlos Bustamante desplazándose el prototipo hasta la calle Julián Arbaiza para incorporarnos a la calle Pedro Cornelio y girar en la calle Nicolás Urquiola llegando así a la Av. Galo Plaza Lasso, la cual es una avenida muy transitada en la cual se pudo tener en cuenta el tráfico y la capacidad de frenado con respecto a los demás vehículos, finalmente subimos por la calle Fray Leonardo Murriado y volvemos al punto de partida en la calle Carlos Bustamante.

Figura 59

Ruta de prueba.



La ruta fue elegida por motivo que en el trayecto se encuentran diversos “obstáculos” que permiten realizar la prueba con mayor realidad, es decir se encontraban rompe velocidades, semáforos, pasos peatonales y diferentes salidas y entradas de vehículos por las calles transversales lo cual generó un mejor análisis ya que son cosas a considerar a pesar de que la finalidad del vehículo sea para competición.

Prueba de desaceleración

La prueba de desaceleración nos permite determinar la eficacia de la fuerza de frenado y además verificar si el sistema cumple o no con los parámetros establecidos en el diseño.

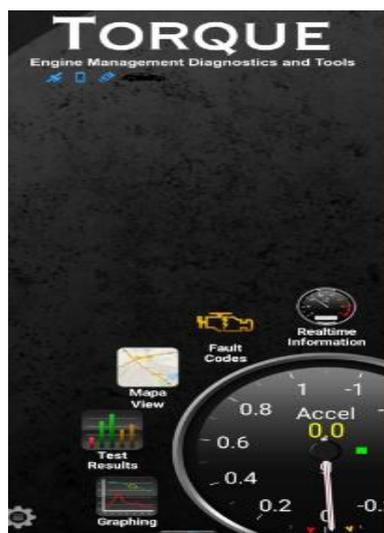
Esta desaceleración puede observarse mediante el arrojamiento de datos de la aplicación "Torque Pro" instalada en un celular Android, esta aplicación utiliza el GPS del celular y los sensores del mismo, es decir que se puede observar como marca la aceleración y desaceleración dinámica del vehículo.

La ubicación para que el celular obtenga datos con mayor precisión es el punto central del prototipo por ello es necesario que vaya sujetado sin mayor movimiento, la aplicación se calibra un todo el implemento que tiene para que al momento de finalizar la prueba nos arroje valores los cuales posteriormente deberán ser ordenados en la aplicación Excel para obtener los datos reales de aceleración y desaceleración

Todo esto se basa en las maniobras que haya realizado en el piloto en todo el trayecto de la ruta de prueba.

Figura 60

Aplicación Torque pro



La aplicación puede ser descargada desde un dispositivo Android en "Play Store" y posee un valor de 3,99 \$.

Pasos para iniciar el torque

1. Al ingresar en la aplicación en la parte principal tendremos un panel con diferentes opciones, ingresaremos a la opción de “Realtime Information” que como su nombre nos delata nos permitirá obtener información y datos en tiempo real.

Figura 61

Panel “Torque Pro”



2. Una vez ingresado nos aparecerán diferentes paneles los cuales captarán toda la información del vehículo, pero para ello debemos iniciar el registro, lo cual lo hacemos dirigiéndonos a la parte inferior izquierda en la tuerca.
3. La pulsamos y nos aparecerán diferentes opciones de entre las cuales primero pulsamos la de “Borrar registros”, en segundo lugar, pulsamos la opción “Poner contadores de trayecto a 0”.

Figura 62

Paneles.



4. Una vez hecho esto pulsamos la opción “Iniciar Registro”, cabe destacar que se debe mantener el vehículo aproximadamente de 5 a 10 segundos estáticos una vez iniciado el registro, esto para que al momento de ordenar los datos nos dé el punto de partida desde 0.

Figura 63

Inicio de registro.



5. Una vez culmine la ruta de igual manera esperamos de 5 a 10 segundos en estático para que esos valores se registren y poder identificar que volvimos al punto de partida.

6. Finalmente pulsamos en “Detener registro” y en “Compartir registros por correo electrónico” para posteriormente ordenarlos en nuestra computadora en Excel.

Figura 64

Obtención de datos.



Nota. Hay que estar al pendiente de que los sensores del celular estén trabajando y esto lo podemos observar en la parte superior derecha en la cual se observan 3 símbolos que indican que el torque está obteniendo todos los datos de forma correcta.

Una vez hayamos enviado los datos por correo los descargamos y los ordenamos en Excel de esta manera obtendremos la tabla general en la cual para nosotros lo más importante es la capacidad de desaceleración.

Tabla 6*Datos Ordenados*

Device Time	Longitude	Latitude	GPS Speed (Meters/second)
12-ago,-2022 15:51:26,654	-78,47701591	-0,13414511	0,00
12-ago,-2022 15:51:27,655	-78,47701591	-0,13414511	0,00
12-ago,-2022 15:51:28,655	-78,47701591	-0,13414511	0,00
12-ago,-2022 15:51:29,655	-78,47701591	-0,13414511	0,00
12-ago,-2022 15:51:30,654	-78,47701591	-0,13414511	0,00
12-ago,-2022 15:51:31,655	-78,47701608	-0,13415018	0,62
12-ago,-2022 15:51:32,655	-78,47701625	-0,13415940	1,14
12-ago,-2022 15:51:33,655	-78,47701432	-0,13417624	1,94
12-ago,-2022 15:51:34,655	-78,47701055	-0,13420093	2,68
12-ago,-2022 15:51:35,654	-78,47701206	-0,1342329	2,79

Device Time	Longitude	Latitude	GPS Speed (Meters/second)
12-ago,-2022 15:51:36,654	-78,47701097	-0,13426694	3,39
12-ago,-2022 15:51:37,655	-78,47700535	-0,13430151	3,35
12-ago,-2022 15:51:38,655	-78,47700343	-0,13433252	3,18
12-ago,-2022 15:51:39,654	-78,47700812	-0,13436115	3,23
12-ago,-2022 15:51:40,655	-78,47703343	-0,13437733	2,75
12-ago,-2022 15:51:41,655	-78,4770595	-0,13437942	3,01
12-ago,-2022 15:51:42,654	-78,47708942	-0,13437850	3,19
12-ago,-2022 15:51:43,655	-78,47712186	-0,13437984	3,66
12-ago,-2022 15:51:44,654	-78,47715841	-0,13438009	3,55
12-ago,-2022 15:51:45,655	-78,47719227	-0,13438265	3,32
12-ago,-2022 15:51:46,655	-78,47722546	-0,13438877	4,05

Device Time	Longitude	Latitude	GPS Speed (Meters/second)
12-ago,-2022 15:51:47,654	-78,47728321	-0,13439375	4,72
12-ago,-2022 15:51:48,654	-78,47732739	-0,13441010	4,87
12-ago,-2022 15:51:49,654	-78,47738078	-0,13442091	5,12

La tabla refleja la velocidad en Iso primeros 25 segundo y como podemos observar tenemos la columna de “GPS Speed (Meters/second)” la cual recoge la velocidad del prototipo en m/s, comprobamos que la lectura del torque fue acertada ya que partimos desde el reposo y los valores van en aumento y variando respecto a las maniobras del piloto.

Análisis

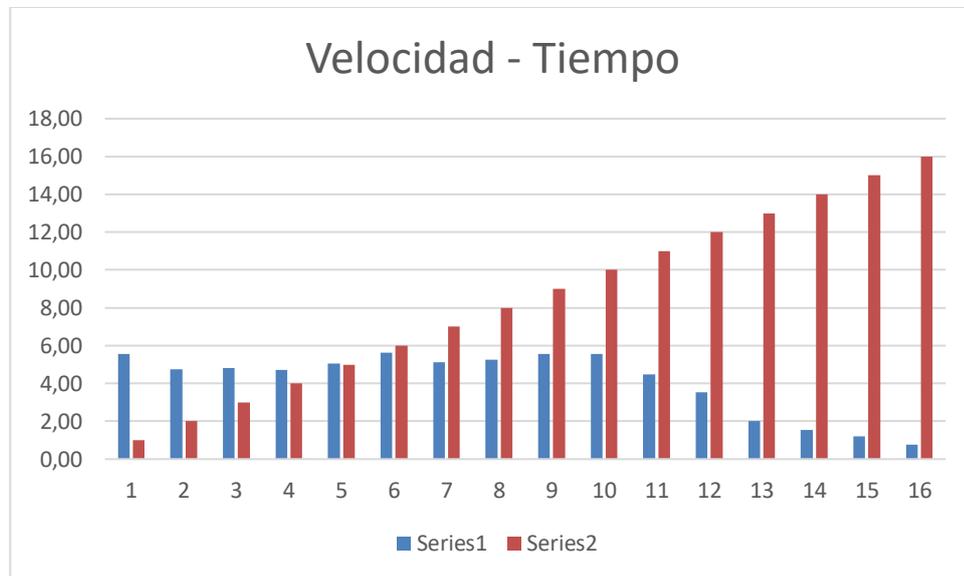
Ahora analizaremos 3 puntos en Iso cuales el vehiculo tuvo que reducir o parar en su totalidad de esta manera determinaremos si la capacidad de frenado del prototipo es optia y seguro para el piloto y para su posterior comercializacion.

Para todas las tablas la primera columna hace referencia al dia y hora exactos en el que se realizo la prueba, la segunda columna corresponde a los datos arrojados por la aplicación “Torque Pro” de la velocidad del vehiculo en m/s y la tercera columna se refiere a los segundos transcurridos durante este lapzo de prueba.

Tabla 7*Analisis 1*

GPS Time	GPS Speed (Meters/second)	Segundos
12-ago,-2022 15:51:52,654	5,55	1
12-ago,-2022 15:51:53,654	4,75	2
12-ago,-2022 15:51:54,655	4,81	3
12-ago,-2022 15:51:55,656	4,73	4
12-ago,-2022 15:51:56,655	5,04	5
12-ago,-2022 15:51:57,655	5,63	6
12-ago,-2022 15:51:58,655	5,13	7
12-ago,-2022 15:51:59,654	5,25	8
12-ago,-2022 15:52:00,655	5,56	9
12-ago,-2022 15:52:01,654	5,57	10
12-ago,-2022 15:52:02,654	4,47	11
12-ago,-2022 15:52:03,655	3,53	12
12-ago,-2022 15:52:04,655	2,00	13
12-ago,-2022 15:52:05,654	1,53	14
12-ago,-2022 15:52:06,654	1,21	15
12-ago,-2022 15:52:07,654	0,78	16

Podemos identificar que el lapso de tiempo que se tomo como referencia es de 16 segundos, iniciando en este caso desde las 15:51:52,654 horas hasta 15:52:07,654 horas, observamos que la velocidad máxima que se alcanzo es de 5,57 m/s y la velocidad mínima de 0,78 m/s, es decir el prototipo no llego a estar en reposo esto pudo ser debido a; rompe velocidades algún cruce peatonal en el cual se tuvo que reducir la velocidad pero sin necesidad de parar completamente.

Figura 65*Análisis 1 Velocidad-Tiempo*

En el presente grafico identificamos que a medida que la velocidad disminuye el tiempo aumenta, debido a que estamos tomando como referencia un rango de 16 segundos observamos que en este caso no se dio un frenado total sin embargo el sistema funciona adecuadamente en una velocidad promedio de 4,10 m/s.

Tabla 8*Analisis 2*

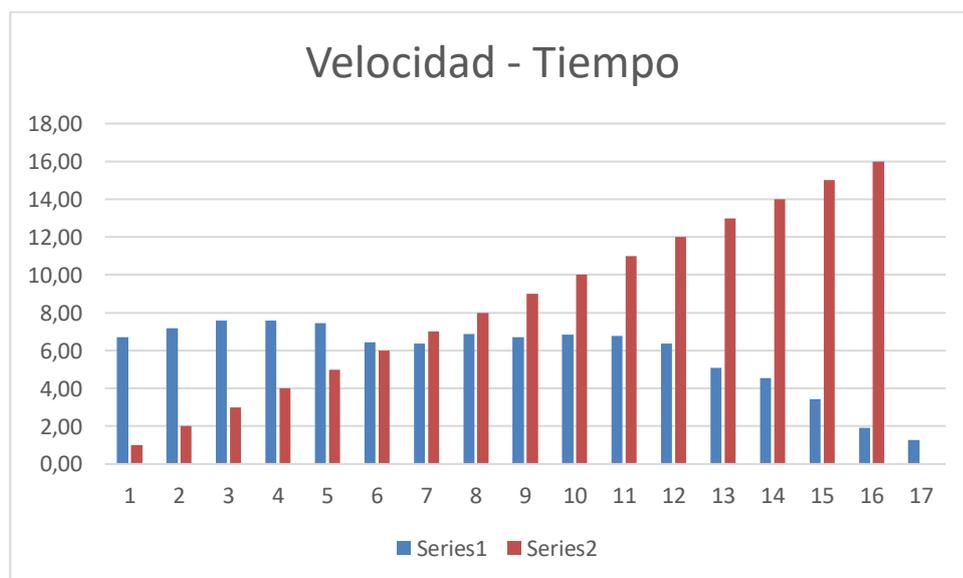
GPS Time	GPS Speed (Meters/second)	Segundos
-78,48114853	7,58	1
-78,48122112	7,58	2
-78,4812911	7,45	3
-78,48135363	6,42	4
-78,48142144	6,37	5
-78,48149411	6,89	6
-78,48156058	6,71	7

GPS Time	GPS Speed (Meters/second)	Segundos
-78,48162353	6,84	8
-78,4816838	6,76	9
-78,48173761	6,38	10
-78,48178748	5,08	11
-78,48182981	4,56	12
-78,48186786	3,43	13
-78,48189209	1,90	14
-78,48190759	1,26	15

En este caso podemos ver que la velocidad inicia en el punto maximo que es 7,58 y culmina en una velocidad de 1,26, es decir tampoco se necesito detener el prototipo en su totalidad sin embargo en este caso el sistema de frenos ya fue sometido a una mayor velocidad.

Figura 66

Análisis 2 Velocidad-Tiempo



Se identifica que a pesar de iniciar desde una velocidad mayor, al aplicar el freno este actua de forma adecuada reduciendo asi una velocidad de 6,32 m/s segundos en el lapso de 16 segundos, por ende se considera que el sistema de frenos actua correctamente a una velocidad promedio de 5,68 m/s

Tabla 9

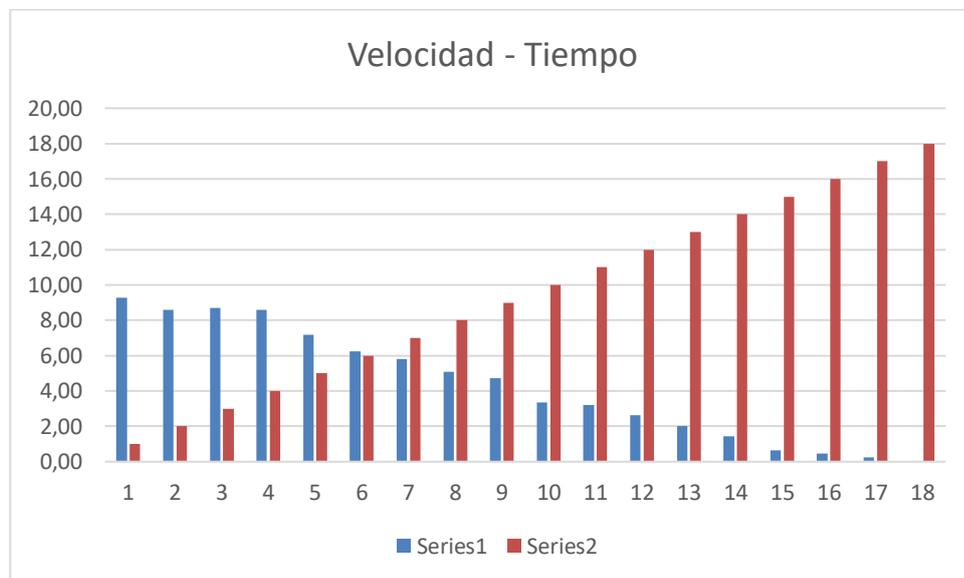
Analisis 3

GPS Time	GPS Speed (Meters/second)	Segundos
12-ago,-2022 15:56:43,654	9,28	1
12-ago,-2022 15:56:44,655	8,59	2
12-ago,-2022 15:56:45,654	8,71	3
12-ago,-2022 15:56:46,655	8,59	4
12-ago,-2022 15:56:47,655	7,19	5
12-ago,-2022 15:56:48,654	6,25	6
12-ago,-2022 15:56:49,655	5,80	7
12-ago,-2022 15:56:50,655	5,07	8
12-ago,-2022 15:56:51,655	4,71	9
12-ago,-2022 15:56:52,655	3,36	10
12-ago,-2022 15:56:53,655	3,22	11
12-ago,-2022 15:56:54,654	2,63	12
12-ago,-2022 15:56:55,655	2,01	13
12-ago,-2022 15:56:56,654	1,42	14
12-ago,-2022 15:56:57,655	0,65	15
12-ago,-2022 15:56:58,655	0,45	16
12-ago,-2022 15:56:59,654	0,25	17
12-ago,-2022 15:57:00,654	0,00	18

En la ultima tabla identificamos que la hora de inicio es 15:56:43,654 horas y culmina a las 15:57:00,654 horas, 2 segundos antes del punto final, es este caso observamos que la velocidad máxima que se alcanzo es de 9,28 m/s y se llegó al reposo en el punto final.

Figura 67

Análisis 3 Velocidad-Tiempo



Es posible reconocer que existió una reducción total de velocidad en el lapso de 18 segundos, siendo el sistema de frenos precionado a trabajar a una velocidad mayor y a pesar de ello actuar de forma adecuada hasta detener en su totalidad el prototipo, en este caso la velocidad promedio es de 4,34 por lo que se define que los frenos funcionan correctamente a esta velocidad promedio.

Análisis final

Como identificamos en los 3 casos el sistema de frenos participo adecuadamente a la variación de velocidad hasta llegar al punto final, tomando en cuenta las velocidades promedias de estos 3 análisis que son; 4,10 m/s, 5,68 m/s y 4,34 m/s, procedemos a calcular la velocidad promedio de todo el trayecto en los 336 segundos. Como tal tenemos un resultado de 5,30 m/s la cual se considera la velocidad promedio de la ruta de prueba, l misma se encuentra entre el análisis realizado con anterioridad por lo cual se concluye que el sistema de freno es óptimo para trabajar a una velocidad promedio de 5,30 m/s sin ningún problema.

Capítulo V

Conclusiones Recomendación

Conclusiones

- Se llegó a concluir que los tipos de sistemas de freno más disponibles en el mercado son los frenos a disco y frenos tambor, ya que su desempeño es muy factible y de respuesta rápida en el momento de ser accionado.
- Se incluye que el sistema de frenos a disco tiene una buena área de fricción y en caso de que tienda a desgastarse, sus componentes tienden buena facilidad de adquisición.
- Las pruebas se realizaron de una manera muy efectiva ya que el vehículo cumplía con parámetros establecidos como es la seguridad del piloto y la desaceleración del vehículo.

Recomendaciones

- Realizar un cronograma de actividades previo a la instalación y compra de componentes del sistema de frenos de la fórmula SAE eléctrico.
- Antes de realizar las pruebas de funcionamiento asegurarse que el sistema esté bien instalado y que no existan ningún tipo de fugas ni cañerías en mal estado.
- En caso de realizar alguna actividad de instalación asegurarse de tener todos los equipos de protección personal evitando acciones innecesarias.
- Para realizar las pruebas de funcionamiento tomar todas las precauciones necesarias en el área de ser realizada.
- En el caso que no se encuentre con práctica requerida previo a la instalación del vehículo acudir a un profesional en el área de trabajo.
- En el momento del montaje asegurarse que el sistema sea cómodo para el piloto y no afecte ningún otro componente en el vehículo.

Referencias bibliográficas

- *autofacil.* (s.f.). Obtenido de <https://www.autofacil.es/tecnica/componentes-forman-sistema-frenos-vehiculo/177778.html>
- *BLOG MECÁNICOS .* (s.f.). Obtenido de http://www.blogmecanicos.com/2019/02/conoces-el-funcionamiento-de-la-bomba_18.html
- *Blog Mecánicos .* (09 de 10 de 2018). Obtenido de http://www.blogmecanicos.com/2018/10/composicion-de-las-pastillas-de-freno_9.html
- CARPIO, D. (2018). "*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA FORMULA SAE ELÉCTRICO*". CUENCA.
- *CHAMPION .* (s.f.). Obtenido de <https://www.championautoparts.es/news/when-to-replace-brake-pads-discs.html>
- *e-auto.* (s.f.). Obtenido de <http://www.e-auto.com.mx/enew/index.php/85-boletines-tecnicos/3496-cilindro-maestro-de-frenos>
- Ekos. (2022). *¿Sabías cuál es la estatura promedio en hombres y mujeres en América del Sur?*
- *ESPRESSO.* (12 de 05 de 2018). Obtenido de <https://semanarioespressocoatepec.blogspot.com/2018/03/en-transito-por-jesus-ricano-herrera.html>
- *EuroTaller.* (07 de 09 de 2015). Obtenido de <https://www.eurotaller.com/noticia/cuantas-zapatillas-hay-en-un-freno-de-tambor>
- *FRENOSOL.* (27 de 10 de 2012). Obtenido de <https://frenosol.wordpress.com/2012/10/27/el-liquido-de-frenos-un-elemento-importante-para-la-seguridad-vial/>
- *LOCTITE TEROSON.* (s.f.). Obtenido de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-de-liquido-de-frenos>
- *Mecanica Automotriz .* (19 de 11 de 2015). Obtenido de

<http://mirkoquispe23.blogspot.com/2015/11/sistema-de-frenos-indice-curso.html>

- *Mecatronica 180685*. (14 de Septiembre de 2011). Obtenido de <http://evidenciassemanainduccion.blogspot.com/2011/09/>
- Ocaña, E. C. (2012). *DISEÑO Y CALCULO DEL SISTEMA DE FRENADO PARA UN PROTOTIPO FORMULA STUDENT* . Leganés.
- *RGA PROVEEDORES INDUSTRIALES S.A.C.* (s.f.). Obtenido de <https://rgaperu.com/producto/liquidados-de-frenos-dot-3/>
- Telechana, C. (2018). *"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS PARA EL PROTOTIPO DE AUTO ELECTRICO BIPLAZA UTA CI-M17"*. Ambato .
- *The Automobile Needs*. (s.f.). Obtenido de <https://automobileneeds.wordpress.com/tag/frenos-de-tambor/>
- *Unitips*. (s.f.). Obtenido de <https://blog.unitips.mx/el-principio-de-pascal>